

Détermination chez le sujet sain du seuil vestibulaire par une méthode clinique

THÈSE

présentée à la Faculté de médecine de l'Université de Genève
pour obtenir le grade de Docteur en médecine

par

Jacques FUMEAUX

de

CONTHEY (Valais)

Thèse N° 2558

Détermination chez le sujet sain du seuil vestibulaire par une méthode clinique

THÈSE

présentée à la Faculté de médecine de l'Université de Genève
pour obtenir le grade de Docteur en médecine

par

Jacques FUMEAUX

de

CONTHEY (Valais)

Thèse N° 2558



La Faculté de médecine, sur le préavis de Monsieur le professeur A. Montandon, autorise l'impression de la présente thèse, sans prétendre par là émettre d'opinion sur les propositions qui y sont énoncées.

Genève, le 25 mars 1958.

Le doyen :

Eric MARTIN

Thèse N° 2558

Nous tenons à exprimer ici notre profonde reconnaissance à Monsieur le Professeur A. Montandon qui a bien voulu nous faire l'honneur de présider à cette thèse.

A MES PARENTS

TABLE DES MATIERES

	Pages
INTRODUCTION	7
HISTORIQUE	8
METHODE	11
MATERIEL	12
RESULTATS :	12
I Seuil du nystagmus per-rotatoire	13
a) Stimulation infra-liminaire	16
b) Stimulation liminaire	16
c) Stimulation supra-liminaire	18
d) Enregistrements non conformes	21
e) Facteur "âge"	21
f) Symétrie des réactions gauche et droite	22
g) Enregistrements lors d'accélération de valeur croissante	26
II Intervalle libre	26
III Amplitude	28
IV Fréquence	28
CONCLUSIONS	29
BIBLIOGRAPHIE	31



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552321_0042

INTRODUCTION

L'étude de l'appareil vestibulaire est la conséquence du rôle important que celui-ci joue dans le maintien de l'équilibre. La notion classique est que le sens de l'équilibre résulte de l'association de nombreux facteurs: tactiles, visuels, labyrinthiques, sensibilité profonde.

En physique et en mécanique, l'équilibre est "l'état de repos, sous l'action de forces qui se détruisent". Dans ces conditions, les afférences tactiles, visuelles et auditives n'ont certainement aucune influence; seuls la sensibilité profonde (réflexes proprio-ceptifs) et le vestibule entrent en fonction (équilibre statique): le rôle exact de l'appareil vestibulaire étant de renseigner sur la position et le déplacement de la tête dans l'espace, aidé en cela par les réflexes proprio-ceptifs de la nuque. Si par contre, l'expression "sens de l'équilibre" comporte une juste combinaison de forces déterminant la régularité, l'harmonie, dans le mouvement, nous introduisons en plus du déplacement, une notion d'orientation, et toutes les afférences citées plus haut interviennent (équilibre dynamique).

La clinique a longuement sous-estimé le rôle du vestibule en tant qu'appareil sensoriel. Il a fallu l'apport des connaissances de la physiologie et de l'électro-physiologie pour faire ressortir l'extrême précision du mécanisme des canaux semi-circulaires; les canaux semi-circulaires horizontaux étant prépondérants chez l'homme puisque le déplacement se fait essentiellement dans le plan horizontal.

HISTORIQUE

1) PHYSIOLOGIE

Toutes nos connaissances sur les canaux semi-circulaires se développent dès l'étude expérimentale de Flourens et la publication des travaux d'Ewald. Plus récemment Steinhausen, étudiant par cinématographie les mouvements de la cupule du brochet pendant la rotation, et Dohlman précisant cette expérimentation chez la raie, confirment l'hypothèse émise par Mach et Breuer à la fin du XIXe siècle. Selon cette hypothèse, les cellules sensorielles et la crête ampullaire sont stimulées par les courants liquidiens qui apparaissent lorsque la tête se meut dans les plans des canaux semi-circulaires. Ces courants se produisent grâce à l'inertie de l'endolymphe.

Les travaux des électro-physiologistes (Loewenstein, Sand, Ross, Katsuki et ses coll., van Eyck) étudiant le VIIIe nerf vestibulaire, démontrent que lors de mouvement giratoire de la tête, il y a pour chaque canal semi-circulaire deux réactions opposées: la rotation dans un sens augmentant le nombre de décharges spontanées, alors que la rotation de sens opposé en diminue le nombre.

2) CLINIQUE

Pour le clinicien, le problème à résoudre consistait à examiner le mécanisme sensoriel de l'appareil vestibulaire à la lumière des données des physiologistes. Il fallait donc explorer la sensation vestibulaire (canaux semi-circulaires horizontaux) qualitativement et quantitativement, sachant que celle-ci se manifeste soit par la sensation subjective, sensation de rotation, soit par la sensation objective, qui se traduit en particulier par le réflexe nystagmique.

Comment créer la sensation vestibulaire ? Plusieurs moyens se trouvent à disposition: stimulation thermique, stimulation rotatoire avec examen de la sensation vestibulaire durant la rotation ou après un arrêt brusque de la rotation.

La rotation est fréquemment utilisée comme moyen de stimulation. On étudie alors soit la sensation de rotation, soit le nystagmus, pendant la stimulation (per-rotatoire) ou après un arrêt brusque (post-rotatoire). L'étude des mouvements de l'oeil (nystagmus) par l'observation directe étant sujette à une forte inexactitude, Buys tenta d'introduire un procédé électromécanique, bientôt remplacé par une méthode électrographique (Mowrer, Ruch et Miller, Jung et Tönnies) peu utilisée. Monnier et Hufschmidt en 1950 fixent les conditions les meilleures pour la méthode électrographique. Cette méthode électrographique est utilisée par Montandon et Monnier, pour la première fois en 1951, pour l'enregistrement du nystagmus thermique chez l'homme et du nystagmus rotatoire chez le lapin. Par la suite son emploi s'étend (Croci et Laue, Montandon et Monnier, Montandon, Montandon et Russbach).

La rotation dans le plan horizontal étant la méthode de choix, l'on devait se demander si, parallèlement à l'audition, il est possible de déterminer le seuil de la sensation vestibulaire, c'est-à-dire le seuil correspondant à la stimulation minimum qui déclenche cette sensation.

La valeur du seuil en degrés d'accélération giratoire par seconde a été donnée de manière approximative par des auteurs, soit n'ayant pas recherché systématiquement le seuil vestibulaire (Arslan: $0,5-1^{\circ}/\text{sec}^2$, Aschan: $< 0,4^{\circ}/\text{sec}^2$, Aschan-Nylen et coll.: $1,5-12^{\circ}/\text{sec}^2$) soit n'ayant pas utilisé une méthode adéquate (van Wulfften Palthe: $2^{\circ}/\text{sec}^2$, van Rossem: $80^{\circ}/\text{sec}^2$). Lors de recherche précise le critère de réaction utilisé est soit la sensation de rotation (Schierbeck, Hilding, Groen et Jongkees) ou la sensation de déplacement (Roggeven et Nijhoff), soit le nystagmus oculaire (Buys, Montandon et Russbach). Le seuil vestibulaire est alors déterminé pendant la période de rotation:

- période d'accélération à vitesse régulièrement progressive (Montandon et Russbach, Groen et Jongkees, Hilding, Buys).

- période de décélération non uniforme à la manière d'une sinusoïde (chaise à ressort de de Vries) (Schierbeck, Roggeven et Nijhoff, Groen et Jongkees), où il y a opposition de stimulation dans le sens horaire puis anti-horaire.

- ou lors d'arrêt brusque (Mulder, Tönnies et Woletz), méthode indirecte par extrapolation du seuil (Groen et Jongkees).

Les valeurs obtenues par ces différents auteurs s'échelonnent entre $0,5^{\circ}/\text{sec}^2$ et $3^{\circ}/\text{sec}^2$.

Il nous paraît beaucoup plus sûr, grâce à l'électro-nystagmographie, de considérer comme critère de réaction des canaux semi-circulaires horizontaux, une réaction objective (nystagmus) plutôt que la réaction subjective (sensation de rotation). En effet, nous observons avec ce critère une dispersion beaucoup plus faible d'une part; d'autre part, nous examinons une sensation inconsciente qui, quelles que soient les conditions, ne peut être modifiée par la personnalité (conscience) du sujet.

D'après les données récentes de l'électro-physiologie, il est évident que la stimulation adéquate et simple pour les canaux horizontaux est l'accélération ou la décélération angulaire d'un mouvement de giration. Comme la fonction vestibulaire est de renseigner sur la position et le déplacement de la tête dans l'espace, il est préférable d'étudier la réaction vestibulaire pendant la stimulation dans un sens unique (horaire ou anti-horaire) plutôt que pendant une stimulation comportant une opposition de périodes horaires et anti-horaires, ou qu'après la stimulation, comme le font la cupulométrie et la plupart des méthodes utilisées jusqu'ici.

Ainsi donc, comme notre but est de déterminer le seuil vestibulaire, nous allons appliquer aux canaux semi-circulaires horizontaux une accélération giratoire de faible intensité (minimum efficace) en enregistrant le nystagmus pendant la stimulation (per-rotatoire). L'accélération giratoire doit être de très faible intensité car, comme l'a démontré Montandon, il y a actuellement évidence physiologique et clinique que la deuxième loi d'Ewald concernant la prépondérance de l'effet ampullipète sur l'ampullifuge au niveau des canaux semi-circulaires horizontaux est vraie, lors de stimulation rotatoire à faible intensité. Conséquemment, à faible intensité, seul un canal horizontal est responsable de la réaction nystagmique: le canal horizontal droit pour le nystagmus battant à droite, le canal horizontal gauche pour le nystagmus battant à gauche. Nous agissons donc par une stimulation isolée pour chaque canal horizontal.

METHODE

La méthode que nous avons utilisée est l'épreuve giratoire liminaire décrite par Montandon (EGL). Celle-ci consiste à enregistrer les réactions oculo-vestibulaires per-stimulatoires (nystagmus) lors d'une stimulation giratoire de très faible intensité. La rotation se fait, dans l'obscurité et le silence pour exclure toute afférence optique ou auditive, au moyen d'une chaise tournante spéciale, mue par un moteur électrique avec un servomoteur donnant une accélération constante d'un degré déterminé.

L'épreuve comporte trois périodes:

- période d'accélération à vitesse régulièrement progressive jusqu'à l'atteinte de $90^{\circ}/\text{sec}$.
- période de giration à vitesse uniforme de $90^{\circ}/\text{sec}$.
(palier)
- période de décélération à vitesse régulièrement décroissante jusqu'à l'arrêt complet, ou arrêt brusque après 2 minutes de rotation à vitesse constante.

Ces trois périodes sont réalisées dans le sens anti-horaire (AH), puis horaire (H). Pour l'étude qui va suivre, seule la première période, de même que le début de la seconde (palier) ont été prises en considération.

MATERIEL

161 sujets ont été examinés, sujets soumis à une accélération giratoire voisine ou semblable à celle citée par Russbach, lors d'une première estimation du seuil vestibulaire. Il s'agissait de sujets exempts de troubles cochléo-vestibulaires, choisis parmi les malades de la clinique. L'exclusion des sujets porteurs de lésion cochléaire est capital, car, comme l'a démontré Montandon, celle-ci comporte un retentissement vestibulaire fréquent. L'âge des patients variait entre 12 et 69 ans. Notre série comporte 117 hommes et 46 femmes.

RESULTATS

L'étude de ces 161 sujets nous a fourni 283 enregistrements, obtenus selon la méthode citée plus haut.

Il y eut 153 accélérations pratiquées dans le sens anti-horaire (canal horizontal gauche) et 130 dans le sens horaire (canal horizontal droit).

Un examen approfondi de ces 283 tracés comporte l'étude des points suivants:

- I Seuil du nystagmus per-rotatoire.
- II Intervalle libre.
- III Amplitude.
- IV Fréquence.

I. SEUIL DU NYSTAGMUS PER-ROTATOIRE

Les 283 enregistrements que nous avons étudiés se répartissent dans les quatre groupes suivants:

- 1) enregistrements correspondant à une accélération infra-liminaire,
- 2) enregistrements correspondant à une accélération liminaire,
- 3) enregistrements correspondant à une accélération supra-liminaire,
- 4) enregistrements non conformes aux données qui vont suivre.

Avant d'aborder l'étude séparée des quatre groupes d'ENG, il est indispensable de donner une définition et les caractéristiques du seuil du nystagmus d'accélération.

La valeur du seuil du nystagmus d'accélération étant donnée en degrés d'accélération giratoire, la définition s'exprime ainsi:

"C'est l'accélération giratoire minimum suffisante pour provoquer et pour entretenir un nystagmus oculaire qui ne dépasse pas la durée de la stimulation".

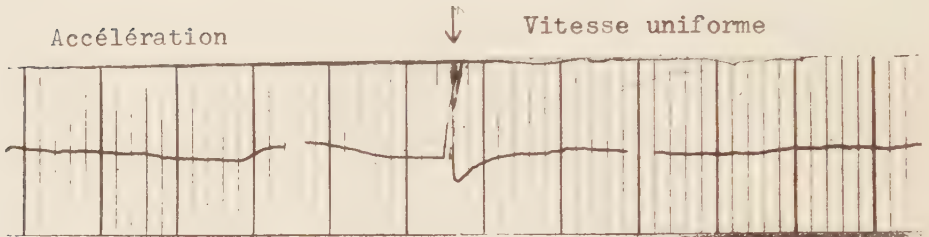
Cette définition décrit ce que nous appelons un nystagmus liminaire, qui est l'expression mesurable du seuil du nystagmus d'accélération (nystagmus = succession rythmée de mouvements composés d'une phase lente et d'une phase rapide).

Comme il s'agit d'une étude clinique, n'ayant pas la rigueur mathématique, il nous a fallu élargir le cadre de la définition donnée à l'instant. Un nystagmus est considéré comme liminaire lorsqu'il comporte les caractéristiques suivantes:

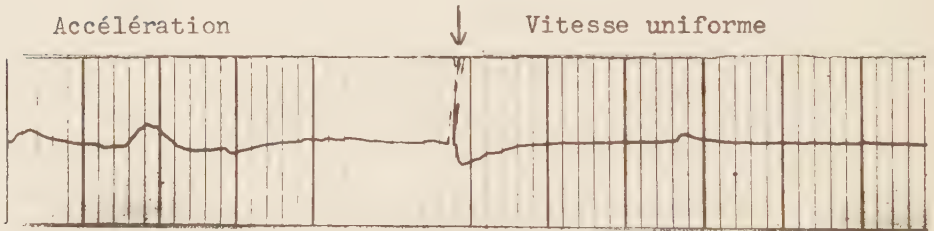
- a) nystagmus per-rotatoire apparaissant après un intervalle libre de 6 à 15 secondes.
- b) nystagmus durant pratiquement toute l'accélération.
- c) nystagmus présentant par rapport au début de palier:

REACTION VESTIBULAIRE

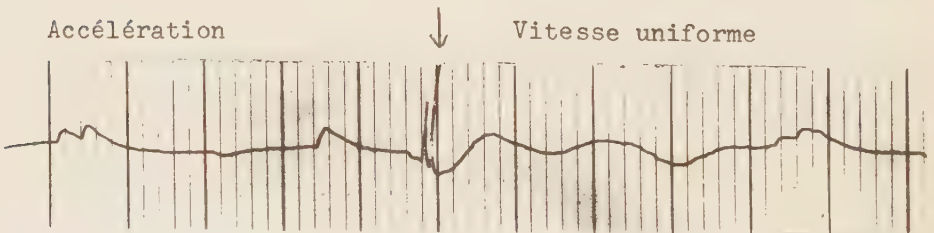
A DES STIMULATIONS GIRATOIRES D'INTENSITE CROISSANTE



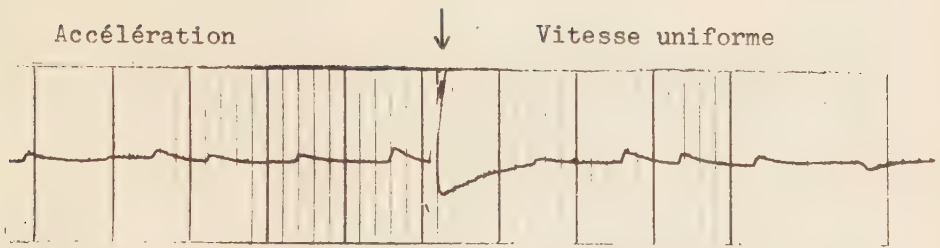
$0,58^{\circ}/\text{sec}^2$: pas de réaction nystagmique.



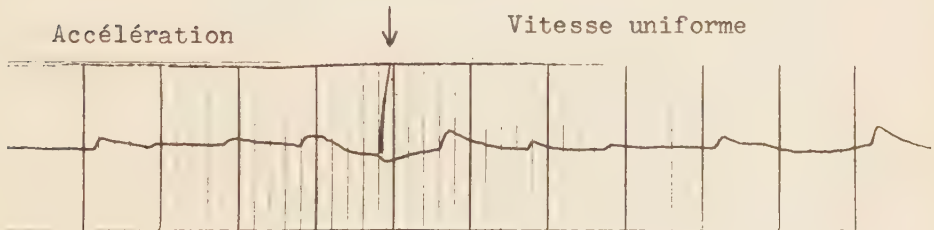
$0,74^{\circ}/\text{sec}^2$: apparition de quelques perturbations.



$0,90^{\circ}/\text{sec}^2$: présence de quelques secousses nystagmiques, sans rythme.



$0,94^{\circ}/\text{sec}^2$: nystagmus liminaire avec dépassement sur le palier.



$1,18^{\circ}/\text{sec}^2$: nystagmus supra-liminaire.

- soit une fin située moins de 5 secondes avant l'apparition de celui-ci,
- soit un dépassement sur le palier n'excédant pas 5 secondes.

1) Stimulation infra-liminaire (29 enregistrements)

Dans ce groupe, la stimulation appliquée aux canaux semi-circulaires horizontaux fut insuffisante pour provoquer une réaction nystagmique liminaire.

L'étude des 29 enregistrements fait ressortir les faits suivants:

- 13 enregistrements sur lesquels il y a absence totale de réaction.
- 2 enregistrements montrant la présence de perturbations non systématisées, en salves brèves.
- 14 enregistrements dans lesquels apparaît un mouvement nystagmique rythmé, ne durant qu'une partie de la période d'accélération, et étant apparu après un intervalle libre de longue durée.

Les valeurs numériques en degrés/sec² des accélérations giratoires qui ont eu pour conséquence soit l'absence de nystagmus, soit la présence de perturbations non systématisées, soit un nystagmus de durée insuffisante, sont les suivantes:

accélération minimum 0,52°/sec²

accélération maximum 1,00°/sec²

Il y a 12 accélérations inférieures à 0,80°/sec², 10 accélérations comprises entre 0,80° et 0,90°/sec², 7 accélérations comprises entre 0,90° et 1,00°/sec².

2) Stimulation liminaire (172 enregistrements)

Parmi ces 172 tracés, 96 ont été obtenus lors de rotation dans le sens anti-horaire et 76 lors de rotation dans le sens horaire. 27 sujets étaient des femmes et 79 des hommes.

Les limites extrêmes des accélérations giratoires ayant conduit à un nystagmus liminaire sont les suivantes:

accélération minimum 0,69°/sec²

accélération maximum 1,13°/sec²

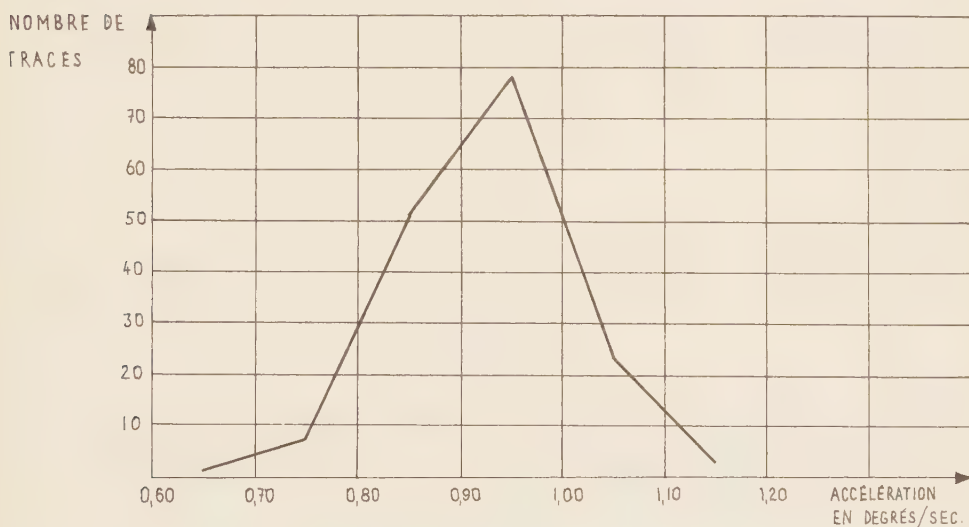
La valeur moyenne de l'accélération giratoire efficace s'établit dans cette série à $0,92^{\circ}/\text{sec}^2$. La valeur de la déviation-standard est de $0,08^{\circ}/\text{sec}^2$. Le seuil du nystagmus d'accélération recherché chez des sujets normaux oscillera, selon la formule $M \pm 2s$, dans les limites de $0,92^{\circ}/\text{sec}^2 \pm 0,16^{\circ}/\text{sec}^2$, soit:

limite inférieure $0,76^{\circ}/\text{sec}^2$

limite supérieure $1,08^{\circ}/\text{sec}^2$

Nos valeurs limites sont remarquablement superposables à celles données par Russbach lors d'une première estimation du seuil vestibulaire.

Le tableau suivant donne la répartition, selon leur valeur en degrés/sec², des accélérations giratoires conduisant à un nystagmus liminaire.



En pourcentage, nous obtenons les valeurs ci-dessous:

- 4,9% d'accélérations comprises entre $0,69$ et $0,80^{\circ}/\text{sec}^2$
- 31,3% d'accélérations comprises entre $0,80$ et $0,90^{\circ}/\text{sec}^2$
- 47,8% d'accélérations comprises entre $0,90$ et $1,00^{\circ}/\text{sec}^2$
- 14,9% d'accélérations comprises entre $1,00$ et $1,13^{\circ}/\text{sec}^2$

163 accélérations exprimées en degrés/sec² sont comprises dans les valeurs limites, ce qui correspond à la courbe normale (Gauss-Laplace) où le 95% des valeurs sont situées dans l'aire de la courbe normale.

3) Stimulation supra-liminaire (69 enregistrements)

Le nystagmus est considéré comme supra-liminaire lorsque, sous l'influence d'une accélération giratoire, il apparaît après un intervalle libre normal un dépassement sur le palier excédant 5 secondes.

accélération giratoire minimum 0,81°/sec²

accélération giratoire maximum 1,15°/sec²

La figure ci-dessous expose la durée des dépassements en secondes en fonction des stimulations en degrés/sec².

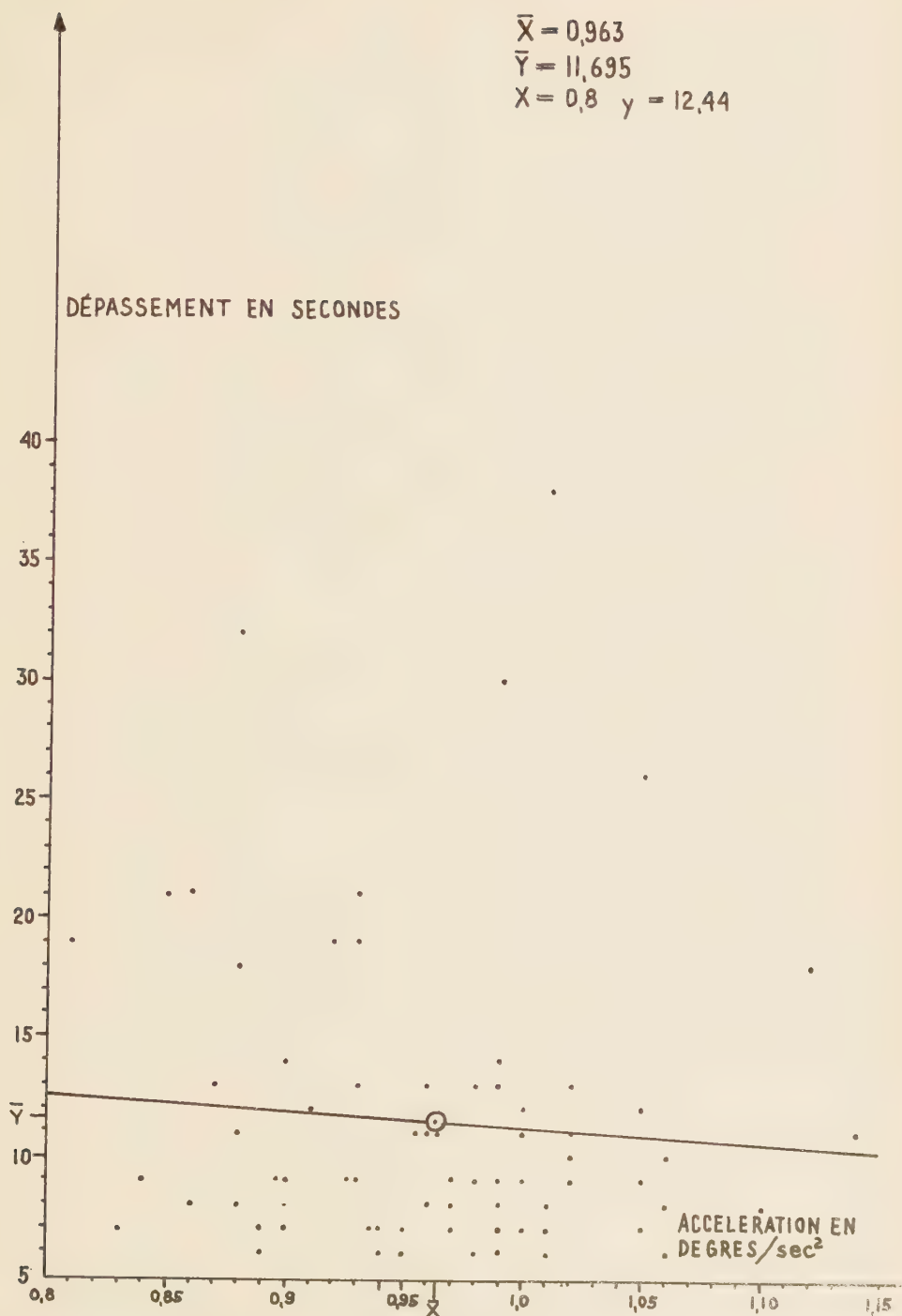
La droite de régression a une pente de -4,6. Le coefficient de détermination B est de 0,004, le coefficient de corrélation $r = 0,0632$. Ces valeurs sont calculées selon les formules:

$$b = \frac{S(x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y})}{S(x_i - \bar{x})^2}$$

$$B = r^2 = \frac{b^2 \cdot S(x_i - \bar{x})^2}{S(y_i - \bar{y})^2}$$

Dans la série des accélérations examinées, la droite de régression montre une dispersion telle des valeurs de dépassement autour de celle-ci qu'il n'y a statistiquement pas de corrélation entre la valeur de la stimulation angulaire et la durée du dépassement. La raison de l'absence de corrélation réside dans le fait que le spectre des accélérations est très étroit (de 0,81°/sec² à 1,14°/sec²).

$$\begin{aligned}\bar{X} &= 0,963 \\ \bar{Y} &= 11,695 \\ X &= 0,8 \quad y = 12,44\end{aligned}$$



ACCÉLÉRATION	INTERVALLE LIBRE	DÉPASSEMENT
$0,74^{\circ}/\text{sec}^2$	22 sec	- 3 sec
$0,85^{\circ}/\text{sec}^2$	27 sec	+ 21 sec
$0,86^{\circ}/\text{sec}^2$	16 sec	- 5 sec
$0,87^{\circ}/\text{sec}^2$	16 sec	0
$0,93^{\circ}/\text{sec}^2$	18 sec	+ 9 sec
$0,94^{\circ}/\text{sec}^2$	18 sec	+ 13 sec
$0,95^{\circ}/\text{sec}^2$	18 sec	+ 2 sec
$0,96^{\circ}/\text{sec}^2$	17 sec	+ 2 sec
$0,96^{\circ}/\text{sec}^2$	18 sec	+ 8 sec
$0,96^{\circ}/\text{sec}^2$	18 sec	0
$0,97^{\circ}/\text{sec}^2$	22 sec	0
$0,97^{\circ}/\text{sec}^2$	16 sec	+ 2 sec
$1,00^{\circ}/\text{sec}^2$	24 sec	- 5 sec

4) Enregistrements non conformes (13 tracés)

Ce groupe comporte 13 enregistrements dont l'intervalle libre excède les normes que nous avons fixées (voire intervalle libre). 4 enregistrements montrent un nystagmus supra-liminaire, c'est-à-dire dont la durée du dépassement excède 5 secondes; les 9 enregistrements restants révèlent des nystagmus répondant à la qualité d'un nystagmus liminaire.

5) Facteur "âge"

Il paraît utile encore de rechercher si le facteur âge joue un rôle dans la valeur en degrés/sec² du seuil vestibulaire lors d'accélération giratoire. En effet, on pourrait attendre, en fonction de l'âge, une modification du seuil nystagmique dans le sens d'une élévation; modification semblable à celle que l'on observe pour la cochlée sous forme de presbyacousie.

L'âge de nos sujets s'étalant de 12 à 69 ans, nous avons arbitrairement formé 3 séries:

- a) sujets de 12 à 19 ans
- b) sujets de 20 à 49 ans
- c) sujets de plus de 50 ans

a) Sujets de 12 à 19 ans

Cette série comporte 12 sujets, représentant 12 accélérations anti-horaires et 8 horaires, accélérations donnant lieu à un nystagmus liminaire. L'âge moyen de la série est de 16 ans et demi.

Accélération minimum 0,78°/sec²

Accélération maximum 1,03°/sec²

Valeur moyenne des accélérations: 0,92°/sec²

b) Sujets de 20 à 49 ans

La série comporte 30 sujets, représentant 29 accélérations anti-horaires et 19 horaires. L'âge moyen de ce groupe est de 30 ans.

Accélération minimum 0,74°/sec²

Accélération maximum 1,13°/sec²

Valeur moyenne des accélérations: 0,91°/sec²

c) Sujets de plus de 50 ans

12 sujets forment cette série, qui comporte 11 accélérations anti-horaires et 10 horaires. L'âge moyen est de 52 ans.

Accélération minimum $0,69^{\circ}/\text{sec}^2$

Accélération maximum $1,03^{\circ}/\text{sec}^2$

Valeur moyenne des accélérations: $0,91^{\circ}/\text{sec}^2$

Parmi les 283 enregistrements, seuls 4 patients âgés de plus de 60 ans, (60, 62, 68 et 69 ans) ont été examinés. Ces 4 sujets représentent 4 tracés lors d'accélération anti-horaire et 1 lors d'accélération horaire. L'accélération minimum est de $0,93^{\circ}/\text{sec}^2$, l'accélération maximum atteignant $1,03^{\circ}/\text{sec}^2$. La valeur moyenne de l'accélération giratoire pour ces 5 enregistrements est de $0,98^{\circ}/\text{sec}^2$.

6) Symétrie des réactions labyrinthiques gauche et droite

Seuls des sujets ayant été soumis à des accélérations anti-horaires et horaires serviront d'exemple. Les valeurs que nous allons signaler sont tirées de notre série de 283 enregistrements. Pour exposer avec évidence la symétrie des réponses des deux labyrinthes (canaux semi-circulaires horizontaux gauche et droite), nous donnerons 3 tableaux.

- a) Enregistrements où la valeur de l'accélération en degrés/sec², pour la rotation anti-horaire, puis horaire, est semblable ou presque (Fig. 5)
- b) Enregistrements où la valeur des accélérations anti-horaires et horaires présente une variation importante, mettant ainsi en évidence l'asymétrie des réactions labyrinthiques résultant de ces accélérations dissemblables, bien que nous nous trouvions encore dans le cadre de réactions liminaires. (Fig.6)
- c) Enregistrements où la valeur des accélérations présente une variation importante, conduisant à des réactions infra-liminaire, liminaire et supra-liminaire. (Fig. 7)

	ROTATION	ACCÉLÉRATION	INTERVALLE LIBRE	AMPLITUDE	FRÉQUENCE	DÉPASSEMENT
I	AH	$0,94^{\circ}/\text{sec}^2$	9 sec.	$2,5-5^{\circ}$	1-2	4 sec.
	H	$0,94^{\circ}/\text{sec}^2$	8 sec.	$2,5^{\circ}$	1-2	5 sec.
II	AH	$0,91^{\circ}/\text{sec}^2$	8 sec.	$2,5^{\circ}$	0-1	0
	H	$0,94^{\circ}/\text{sec}^2$	8 sec.	$2,5^{\circ}$	0-1	5 sec.
III	AH	$0,92^{\circ}/\text{sec}^2$	8 sec.	5°	1	0
	H	$0,90^{\circ}/\text{sec}^2$	10 sec.	5°	1	0
IV	AH	$0,89^{\circ}/\text{sec}^2$	12 sec.	$2,5^{\circ}-5^{\circ}$	1	0
	H	$0,88^{\circ}/\text{sec}^2$	10 sec.	$2,5^{\circ}$	1	0

INTERVALLE
 ROTATION ACCÉLÉRATION LIBRE AMPLITUDE FRÉQUENCE DÉPASSEMENT

I	AH	$0,92^{\circ}/\text{sec}^2$	5 sec.	$2,5^{\circ}$	1	0
	H	$1,00^{\circ}/\text{sec}^2$	10 sec.	$2,5^{\circ}$	1	5 sec.
II	AH	$0,80^{\circ}/\text{sec}^2$	7 sec.	$> 2,5^{\circ}$	1	-5 sec.
	H	$1,02^{\circ}/\text{sec}^2$	10 sec.	$> 2,5^{\circ}$	1-2	4 sec.
III	AH	$0,77^{\circ}/\text{sec}^2$	11 sec.	5°	1	3 sec.
	H	$1,01^{\circ}/\text{sec}^2$	5 sec.	10°	1	5 sec.
IV	AH	$0,84^{\circ}/\text{sec}^2$	13 sec.	$2,5^{\circ}$	1	1 sec.
	H	$1,00^{\circ}/\text{sec}^2$	10 sec.	$2,5^{\circ}$	1-2	5 sec.

ROTATION	ACCELERATION	INTERVALLE LIBRE	AMPLITUDE	FRÉQUENCE DÉPASSEMENT	
AH	$0,90^{\circ}/\text{sec}^2$	17sec.	$2,5^{\circ}$	1-2	7sec.
H	$0,98^{\circ}/\text{sec}^2$	8sec.	$< 2,5^{\circ}$	2	13sec.
AH	$0,75^{\circ}/\text{sec}^2$	24sec.	$2,5^{\circ}$	1	-39sec.
H	$0,86^{\circ}/\text{sec}^2$	5sec.	5°	1	5sec.
AH	$0,74^{\circ}/\text{sec}^2$	15sec.	$> 2,5^{\circ}$	IRREGULIERE	-88sec.
H	$1,06^{\circ}/\text{sec}^2$	6sec.	$> 2,5^{\circ}$	1-2	0sec.
AH	$0,79^{\circ}/\text{sec}^2$	9sec.	$2,5^{\circ}-5^{\circ}$	0-1	0sec.
H	$0,87^{\circ}/\text{sec}^2$	11sec.	$2,5^{\circ}-5^{\circ}$	1	13sec.

	ACCELERATION	INTERVALLE LIBRE	AMPLITUDE	FREQUENCE DÉPASSEMENT	
I	$0,67^{\circ}/\text{sec}^2$	7sec.	$2,5^{\circ}$	0-1	-6sec.
	$0,91^{\circ}/\text{sec}^2$	7sec.	5°	0-1	0sec.
	$1,07^{\circ}/\text{sec}^2$	7sec.	5°	0-1	5sec.
II	$0,79^{\circ}/\text{sec}^2$	—	—	—	—
	$1,02^{\circ}/\text{sec}^2$	5sec.	$> 2,5^{\circ}$	1	2sec.
III	$0,60^{\circ}/\text{sec}^2$	7sec.	$> 2,5^{\circ}$	1	-14sec.
	$0,80^{\circ}/\text{sec}^2$	8sec.	$2,5^{\circ}-5^{\circ}$	1	-5sec.
	$0,53^{\circ}/\text{sec}^2$	—	—	—	—
IV	$0,72^{\circ}/\text{sec}^2$	8sec.	5°	1	0sec.

7) Enregistrements avec des accélérations de valeur croissante

Quelques rares sujets de notre série ont été soumis à des rotations dont la valeur de l'accélération était plus grande à chaque stimulation. Seules des rotations de sens anti-horaire furent pratiquées. Ces enregistrements exposent très nettement l'importance de la valeur en degrés/sec^2 de l'accélération. (Fig. 8)

II. INTERVALLE LIBRE

L'intervalle libre (latence) est le temps s'écoulant entre le début de l'accélération giratoire et le moment de l'apparition d'un nystagmus. Etudiant le seuil nystagmique per-rotatoire, notre étude sur l'intervalle libre ne concerne celui-ci que pour un nystagmus liminaire, tel que nous l'avons caractérisé plus haut, ou supra-liminaire, excluant les tracés infra-liminaires où l'intervalle libre peut durer toute la période d'accélération.

Ainsi donc 254 enregistrements ont été étudiés.

Valeur minimum de l'intervalle libre 2 secondes

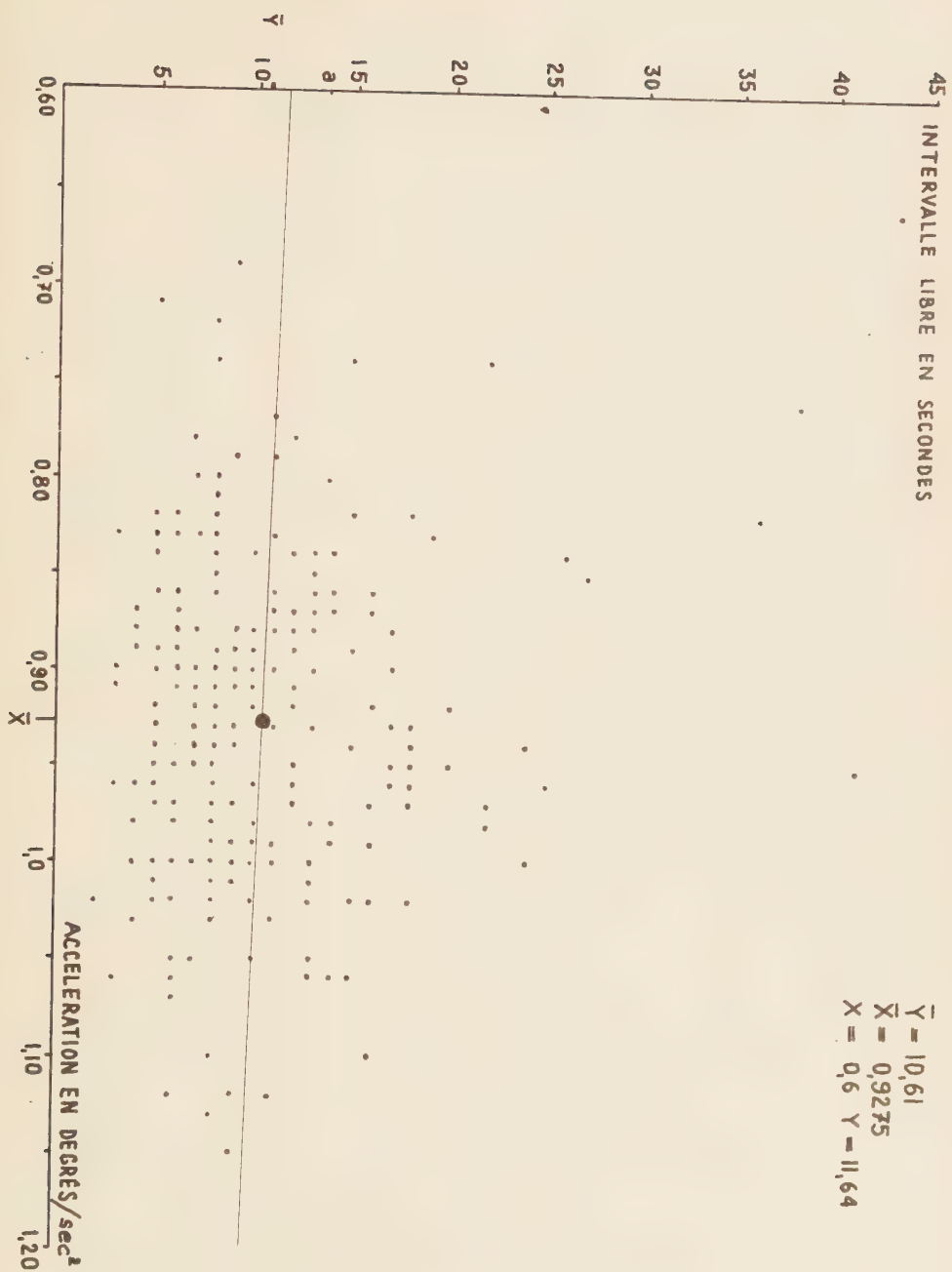
Valeur maximum de l'intervalle libre 41 secondes

Valeur moyenne 10 secondes

Dans cette série, nous observons des cas extrêmes; en étudiant avec attention la durée de l'intervalle libre, nous observons que 221 tracés, soit le 90,9%, présente un nystagmus qui débute entre 6 et 15 secondes après le début de l'accélération.

La valeur moyenne de l'intervalle libre pour ces 221 tracés est alors de 8,5 secondes. (Fig. 9)

Une étude statistique de l'intervalle libre en secondes en fonction de l'intensité de la stimulation en degrés/sec^2 montre que toutes les mesures sont situées sur une droite dont la pente b est égale à $-3,14$. Le coefficient de détermination de cette droite, B est 0,00216, celui de corrélation r est $-0,0465$. Ces valeurs indiquent que cette droite est mal déterminée. En d'autres termes, pour les valeurs d'accélération angulaire étudiées, il n'y a pas de corrélation entre la stimulation et la durée de l'intervalle libre. Cette étude statistique justifie l'emploi d'une moyenne arithmétique pour calculer la valeur moyenne en secondes de l'intervalle libre.



III. AMPLITUDE

L'examen de l'amplitude des nystagmus observés dans les 254 enregistrements cités ci-dessus, s'établit dans les normes suivantes:

$$2,5^{\circ} \text{ à } 10^{\circ}$$

La valeur de l'amplitude du nystagmus est déterminée par rapport à un étalonnage à la croix de Maddox.

Une amplitude de $2,5^{\circ}$ est présente dans 132 cas, soit le 54%.

Une amplitude de 5° est présente dans 102 cas, soit le 41,6%.

IV. FREQUENCE

Pour les 254 enregistrements examinés, elle oscille entre 0,5 et 2 secousses par seconde.

Une fréquence de 1 secousse/seconde, ou très voisine de 1 secousse/seconde se trouve dans 233 tracés, soit le 95%.

CONCLUSIONS

1. - Grâce à la possibilité d'étudier le nystagmus per-rotatoire selon la méthode de l'épreuve giratoire liminaire de Montandon, il n'est plus nécessaire d'appliquer aux canaux semi-circulaires horizontaux des stimulations violentes, inadéquates, pour que les réactions soient accessibles aux moyens d'observation.

2. - En usant de cette méthode, nous avons recherché chez 161 sujets (117 hommes et 46 femmes), représentant 283 enregistrements, le seuil vestibulaire. Celui-ci, pour des sujets exempts de troubles cochléo-vestibulaires, se trouve être exprimé en degrés/sec², l'expression du seuil étant le nystagmus. La valeur moyenne du seuil vestibulaire pour des nystagmus correspondant à la définition:

" C'est l'accélération giratoire minimum suffisante pour provoquer et pour entretenir un nystagmus qui ne dépasse pas la durée de la stimulation"

s'établit à 0,92°/sec², les valeurs limites étant

limite inférieure 0,76°/sec²

limite supérieure 1,08°/sec²

selon la formule $M \pm 2s$, où s est la déviation-standard (écart-type) dont la valeur est de 0,08°/sec².

Selon la courbe normale (Gauss-Laplace) 95% de nos valeurs font partie de l'aire de celle-ci, ce qui nous permet de dire que la valeur du seuil vestibulaire est une constante biologique.

3. - Pour la série des 69 enregistrements supra-liminaires, une étude statistique ne permet pas de démontrer de relation

entre l'intensité de la stimulation en degrés/sec² et la durée en secondes du dépassement sur le palier.

4. - Le facteur "âge" semble ne jouer aucun rôle lors de la détermination du seuil vestibulaire par une stimulation adéquate. Cependant, pour nos seuls 4 cas dépassant 60 ans, on note une discrète élévation, restant d'ailleurs comprise dans les valeurs limites. Il serait bon de confirmer ce fait par l'étude d'une grande série de patients âgés de 60 ans et plus.

5. - La symétrie des deux labyrinthes (canaux horizontaux gauche et droit) lors de rotation anti-horaire et horaire, pour des accélérations de même valeur, est un fait certain.

6. - Lorsque la valeur des accélérations giratoires n'est pas semblable dans la rotation anti-horaire et horaire, on note une asymétrie des réponses nystagmiques consécutives à ces accélérations, la stimulation la plus intense amenant une réaction de plus longue durée. Il ne semble pas que, pour des valeurs d'accélération voisines du seuil, il y ait des modifications de l'amplitude et de la fréquence du nystagmus; de même l'intervalle libre n'est pas modifié dans sa durée. Par "valeur d'accélération voisine du seuil" nous entendons une stimulation giratoire de type liminaire ou légèrement supra-liminaire, et non pas infra-liminaire; car lors de celles-ci, il est impossible de tirer des conclusions.

L'asymétrie légère des stimulations permet aussi de se rendre compte de la sensibilité du récepteur. Ceci est plus évident pour les quelques enregistrements comportants des stimulations à des valeurs différentes, mais de faible écart entre elles. Il suffit d'une variation minime en degrés/sec² de la stimulation pour provoquer une variation de la durée en secondes de la réponse nystagmique (passage d'une stimulation infra-liminaire à une stimulation liminaire ou passage d'une stimulation liminaire à une stimulation supra-liminaire). Nous pouvons estimer cette variation efficace de la stimulation à 0,10/sec² et parfois moins encore.

7. - L'intervalle libre (latence) varie entre 6 et 15 secondes dans le 91% des enregistrements. Pour tous les enregistrements limbaires, il est compris dans ces valeurs, puisqu'il est une des caractéristiques d'un nystagmus liminaire.

8. - L'amplitude de la secousse nystagmique varie entre 2,5 et 10°; les amplitudes de 2,5 et 5° constituant le 95,4% des cas.

9. - La fréquence du nystagmus, son rythme, est de 0,5 à 2 secousses/seconde; la fréquence 1 secousse/seconde est présente dans le 95,1% des cas.

BIBLIOGRAPHIE

- ARSLAN, M. Nouvelles méthodes de séméiologie vestibulaire. Essai pour une standardisation des examens vestibulaires. Rev. laryng. Bordeaux, 1934, 55, 79.
- ASCHAN, G., NYLEN, C.O., STAHLÉ, J. et WERSALL, R. The rotation test. Acta oto-laryngol. Stockholm, 1952, 42, 451.
- ASCHAN, G. Nystagmography, recording of nystagmus in clinical neuro-otological examinations. Acta oto-laryngol. Stockholm, 1956, Suppl. 129.
- BARANY, R. cité par Russbach. Mschr. f. Ohrenhkl. 1906, 50, 229.
- BREUER, J. cité par Russbach. Med. Jahrb. 1874, 4, 72.
- BUYS, E. Note complémentaire au sujet de la recherche du seuil nystagmique par la méthode des réactions "primaires postrotatoires". Ann. d'oto-laryng. 1940, 3/4, 139.
- CROCI, E. et LAUE, H. Enregistrement du nystagmus vestibulaire rotatoire par la méthode électro-nystagmographique chez l'homme. Practica oto-laryng. 1952, 14, 261.
- DOHLMAN, G. Physikalische und physiologische Studien zur Theorie des kalorischen Nystagmus. Acta oto-laryngol. Stockholm. 1925, Suppl. 5.
- Some physical investigations on galvanic irritation of the labyrinth. Acta oto-laryngol. Stockholm. 1926, 9, 53.

- Towards a method for quantitative measurement of the functional capacity of the vestibular apparatus. Proc. Roy. Soc. Med. 1935, 28, 1371.
- Die Rolle der Perilymphe bei den vestibulären Reaktionen. Arch. f. Ohrenhkl. 1941, 150, 25.
- EGMOND, A.A.J., GROEN, J.J. et JONGKEES, L.B.W. The turning test with small regulable stimuli. J. laryng. 1948, 62, 70.
- The turning test with small regulable stimuli. Is Ewald's law valid in men ? J. laryng. 1949, 63, 299.
- EWALD, J.R. Zur Physiologie der Bogengänge. Pflüger's Arch. ges. Physiol. 1887, 41, 463.
- Zur Physiologie der Bogengänge. Fortsetzung. Ueber Bewegungen der Perilymph. Pflüger's Arch. ges. Physiol. 1889, 44, 319.
- Zur Physiologie des Labyrinths. Pflüger's Arch. ges. Physiol. 1896, 63, 521.
- EYCK, van, M. Electrophysiologie des canaux semi-circulaires. Practica oto-laryng. 1955, 17, 150.
- FLOURENS, P. Expériences sur les canaux semi-circulaires de l'oreille chez les oiseaux. Mem. acad. roy. sci. Paris, 1830, 9, 455.
- Expériences sur les canaux semi-circulaires de l'oreille chez les mammifères. Mem. acad. roy. sci. Paris, 1830, 9, 466.
- Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux. Baillière, Paris, 1842.
- GROEN, J.J. et JONGKEES, L.B.W. The threshold of angular acceleration perception. J. Physiol. 1948, 107, 1.
- HILDING, A.C. Studies on the otic Labyrinth. Ann. of oto-rhino-laryng. 1953, 62, 5.
- JUNG, R. Eine elektrische Methode zur mehrfachen Registrierung von Augenbewegungen und Nystagmus. Klin. Wschr. 1939, 18, 21.
- JUNG, R. et TONNIES, J.F. cité par Russbach. Klin. Wschr. 1946, 26, 513.

- KATSUKI, Y., UCHIYAMA, H. et TOTSUKA, G. cité par Granit, R.:
Receptors and sensory perception. Yale univ.
Press. New-Haven, 1955.
- LOEWENSTEIN, O. et SAND, A. The individual and integrated activity
of the semi-circular canals of the elasmobranch
labyrinth. J. Physiol. 1940, 99, 89.
- LOEWENSTEIN, O. Effect of galvanic polarization on the impulse
discharge from the horizontal ampulla of elas-
mobranch labyrinth. Nature, 1953, 172, 549.
- MACH, E. Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfin-
den, Leipzig, 1875.
- MEYERS, J.L. A graphic study of the action currents in nys-
tagmus. Arch. neur. (Am.), 1929, 21, 901.
- MONNIER, M. et HUFSCHMIDT, H.J. L'électro-oculographie et l'élec-
tro-nystagmographie chez l'homme.
Helv. Physiol. Acta, 1950, 8, 30.
- MONTANDON, A. et MONNIER, M. Technique d'enregistrement électrique
du nystagmus vestibulaire giratoire chez l'homme.
Rev. oto-rhino-laryng. 1953, 7/8, 413.
- MONTANDON, A. et MONNIER, M. Analyse du nystagmus vestibulaire
par la méthode électronystagmographique:
Ann. oto-laryng. 1951, 68, 761.
- MONTANDON, A., MONNIER, M., CROCI, E. et BRUNNER, W. Enregistrement
simultané des variations de la pression arté-
rielle et du nystagmus provoqué par la stimula-
tion vestibulaire giratoire.
Riv. oto-neuro-oft. 1951, 26, 256.
- MONTANDON, A. La méthode des stimulations giratoires diffé-
renciées (SGD). Une nouvelle technique vestibule-
laire. J. franç. oto-rhino-laryng. 1954, 3, 566.
- L'électronystagmographie - son rôle dans l'exa-
men de l'appareil vestibulaire. Actualités
oto-rhino-laryng., Paris, 1954.
- A new technique of vestibular rotatory stimula-
tion and of electrical recording of nystagmus.
Ann. oto-laryng. 1954, 71, 839.
- A new technique for vestibular investigation.
Proc. of Collegium oto-rhino-laryngologicum,
London, 1954.

Some remarks about Ewalds Law. Särtryck ur
"Förhanlingar i Svensk oto-laryngologisk,
Förening 1956. Häfte 3".

- MOWRER, O.H., RUCH, T.C. et MILLER, N.E. The nystagmic response of the pigeon to constant angular acceleration at liminal and supraliminal intensities. *Am. J. Physiol.* 1935, 114, 423.
- MULDER, M.E. Quantitatieve betrekking tusschen frikkel en effect bij het statisch orgaan. Dissertation, Utrecht, 1934.
- ROGGEVEN, L.J. et NIJHOFF, P. Threshold of the perception of angular accelerations. *Acta oto-laryng.* Stockholm, 1956, 46, 533.
- ROSS, D.A. Electrical studies on the frog's labyrinth. *J. Physiol.* 1936, 102, 313.
- ROSSEM, van A. Gewaarwordingen en reflexen, opgewekt vanuit de halfeintkelvormige kanalen. Thèse, Utrecht, 1908.
- RUSSBACH, A. Le seuil vestibulaire. Thèse, Genève, 1955.
- SCHIERBECK, P. Een beschorwing over de warde van verschillende on der zuckingsmethoden der booggangen. Thèse, Groningen, 1951.
- SCHIERBECK, P. et de VRIES, Hl. The minimum perceptible angular velocity under various conditions. *Practica oto-laryng.* 1953, 15, 65.
- STEINHAUSEN, W. Ueber die Wittmaachsche Turgor und Druchtheorie und die Mach-Brenersche Theorie der Verlagerung der Cupula terminales in den Bogengängen des Vestibulapparates. *Pflüger's Arch. ges. Physiol.* 1932, 228, 322.
- Ueber die Cupula in den Bogengangsampullen des Labyrinthes des lebenden Tieres. *Pflüger's Arch. ges. Physiol.* 1932, 229, 439.
- Ueber die Eigenbewegung der Cupula in den Bogengangsampullen des Labyrinthes. *Arch. f. d. ges. Physiol.* 1933, 232, 500.
- WULFFTEN PALTHE, van, M. Function of the deeper sensibility and of the vestibular organs in flying. *Acta oto-laryng.* Stockholm. 1922, 4, 415.

